

# ВЛИЯНИЕ НАНОЧАСТИЦ СЕРЕБРА НА ФОТОСТОЙКОСТЬ АКТИВИРОВАННОГО КРАСИТЕЛЕМ ЖЕЛАТИНОВОГО ГЕЛЯ

В. М. Катаркевич, Ю. В. Крученюк, Т. Ш. Эфендиев

Институт физики им. Б. И. Степанова НАН Беларуси, Минск

E-mail: katarkevich@dragon.bas-net.by

Ранее нами был предложен и исследован не содержащий бихромат аммония активированный красителем желатиновый гель как новый тип самопроявляющейся светочувствительной среды для объемной голографии и активной среды для лазеров на красителях со стационарной распределенной обратной связью (РОС). Такая среда позволяет на слоях толщиной  $\sim 1$  мм осуществлять запись как одиночных, так и мультиплексных голограмм с высокими значениями дифракционной эффективности ( $\eta \sim 70 - 90\%$ ) и угловой селективности ( $\Delta\theta_{0.5} \sim 20'$ ) [1, 2]. Практически важной является задача совершенствования голографических и эксплуатационных характеристик такого материала, что, в частности, может быть достигнуто путем его модификация с помощью неорганических наночастиц. Ранее нами было показано, что введение в состав активированного красителем желатинового геля наночастиц диоксида кремния ( $\text{SiO}_2$ ) позволяет заметно улучшить его реологические и термооптические характеристики [3]. В настоящей работе исследовано влияние наночастиц серебра (Ag) на фотостойкость активированного красителями водно-желатинового геля в поле интенсивного импульсного лазерного излучения с целью выяснения потенциальных возможностей улучшения его голографических характеристик.

В экспериментах исследовались два вида водно-желатиновых растворов родамина 6Ж (Р6Ж) с концентрацией  $C_d \sim 0.12$  мг/г при концентрации желатина  $C_g = 0.1$  г/г, отличающихся наличием либо отсутствием в своем составе наночастиц Ag со средним диаметром  $\sim 5$  нм. Концентрация наночастиц в геле варьировалась в пределах  $C_{\text{Ag}} = 0.01 - 0.03$  мг/г. Приготовленные по отработанной технологии гелевые растворы красителя помещались в герметичные плоскопараллельные стеклянные оптические кюветы с толщиной рабочего слоя  $d \sim 1$  мм и студенились при комнатной температуре в течение не менее одних суток. Облучение растворов осуществлялось пучком излучения 2-ой гармоники ( $\lambda = 532$  нм) наносекундного ( $\tau_{0.5} \approx 17$  нс) АИГ: $\text{Nd}^{3+}$ -лазера, работающего с частотой повторения импульсов до 50 Гц. Диаметр зоны облучения на поверхности геля составлял  $\sim 0.3$  см (площадь  $S_o \sim 0.07$  см<sup>2</sup>) при площади поперечного сечения кюветы  $S \sim 2$  см<sup>2</sup>. Плотность энергии падающего на образец из-

лучения  $\varepsilon$  регулировалась с помощью набора нейтральных светофильтров. В работе исследовались как кинетика нелинейного коллимированного пропускания слоев  $T_n = f(E)$  (где  $E$  – доза облучения), так и спектры их оптической плотности  $D$  (линейного пропускания  $T = 10^{-D}$ ) до и после облучения. Контроль энергии излучения на входе и выходе из кюветы с гелем осуществлялся с помощью фотодиодов ФД-24К и двухканального АЦП ADC-20M/10–2. Оптическая плотность образцов  $D$  измерялась на спектрофотометре Cary 500 Varian.

Проведенные исследования показали, что для двух типов сред зависимость пропускания от дозы облучения имеет качественно одинаковый характер: увеличение дозы облучения геля  $E$  сопровождается соответствующим возрастанием пропускания образца с последующим выходом значения  $T_n$  на некоторый максимальный (насыщенный) уровень  $T_{n,max}$ . Увеличение интенсивности импульсов облучения  $\varepsilon$  сопровождается соответствующим ростом значения  $T_{n,max}$ , которое в геле с наночастицами Ag всегда ниже и уменьшается с ростом их концентрации. Так, возрастание значения  $\varepsilon$  с  $\sim 14$  мДж/см<sup>2</sup> до  $\sim 43$  мДж/см<sup>2</sup> приводило к возрастанию  $T_{n,max}$  с  $\sim 49\%$  до  $\sim 65\%$  и с  $\sim 55\%$  до  $\sim 70\%$  для гелевых растворов Р6Ж с наночастицами ( $C_{Ag} \sim 0.01$  мг/г) и без наночастиц, соответственно. В то же время увеличение  $C_{Ag}$  с  $\sim 0.01$  мг/г до  $\sim 0.03$  мг/г (при  $\varepsilon \sim 40$  мДж/см<sup>2</sup>) приводило к соответствующему уменьшению  $T_{n,max}$  с  $\sim 65\%$  до  $\sim 56\%$ . Вместе с тем, измерения оптической плотности красителя на длине волны  $\lambda = 532$  нм, выполненные перед облучением образцов и непосредственно после его завершения, показали практически полное совпадение ее значений для обоих типов светочувствительных сред с учетом положительной добавки, вносимой собственным поглощением наночастиц, а также образующимися продуктами фотораспада красителя. Таким образом, наблюдаемое в эксперименте уменьшение значения  $T_{n,max}$  при добавлении в гель наночастиц Ag является следствием не повышения фотостабильности молекул красителя, а результатом возрастания потерь на рассеяние и поглощение лазерного излучения на формируемой им пространственной структуре показателя преломления. Отсюда можно сделать вывод о возможном положительном влиянии наночастиц серебра на светочувствительность исследуемого голографического материала.

1. Эфендиев Т. Ш., Катаркевич В. М., Рубинов А. Н. // Письма в ЖТФ. 2006. Т. 32, № 21. С. 62–68.
2. Katarkevich V. M., Rubinov A. N., Efendiev T. Sh. // Opt. Lett. 2014. V. 39, No. 15. P. 4627–4630.
3. Efendiev T. Sh., Katarkevich V. M., Rubinov A. N. // Abstr. of Int. Conf. “ICONO/LAT-2010”. Kazan, Russia, 2010. P. LtuL47.